

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

⑯ Offenlegungsschein

⑯ Int. Cl.

G 01 N 21/61

G 01 N 21/27

G 01 J 3/00

G 02 B 8/12

H 01 S 3/105



⑯ DE 3903296 A1

⑯ Aktenzeichen: P 39 03 296.5

⑯ Anmeldetag: 3. 2. 89

⑯ Offenlegungstag: 24. 8. 89

⑯ DEUTSCHES

PATENTAMT

JX
09/915984

⑯ DE 3903296 A1

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

10.02.88 GB 02998/88

⑯ Anmelder:

Plessey Overseas Ltd., Ilford, Essex, GB

⑯ Vertreter:

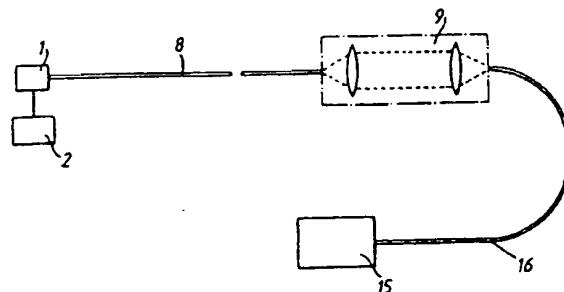
Prinz, E., Dipl.-Ing.; Leiser, G., Dipl.-Ing.;
Schweptinger, K., Dipl.-Ing.; Bunke, H., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat.; Degwert, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte,
8000 München

⑯ Erfinder:

Dakin, John Philip, East Wellow, Romsey, Hants, GB

⑯ Als Gasfühler verwendbare optische Abtastanordnung

Es wird eine als Gasfühler verwendbare optische Abtastanordnung beschrieben, in der eine durchstimmbare Lichtquelle ein Spektrum aus regelmäßigen Abständen aufweisenden Wellenlängen oder Linien erzeugt, das bezüglich der Abstände dem Absorptionslinienspektrum eines zu überwachenden Gases entspricht; wobei sich das mehrere Linien aufweisende Ausgangssignal der Lichtquelle durch eine in bezug auf Gas abzutastende Zone ausbreitet, und wobei Mittel zum Bestimmen des aus der Zone kommenden Lichts vorgesehen sind, damit die Dämpfung der Komponenten des mehrere Linien aufweisenden Ausgangssignals der Lichtquelle erfaßt wird, die auf die Absorption durch das zu überwachende Gas zurückzuführen ist.



⑯ DE 3903296 A1

Die Erfindung bezieht sich auf eine optische Fühleranordnung und insbesondere auf eine solche optische Fühleranordnung, die hinsichtlich der optischen Wellenlänge durchstimmbar ist, damit die Anwesenheit oder die Abwesenheit spezieller Lichtwellenlängen innerhalb einer gewissen Bandbreite festgestellt werden kann.

In der britischen Patentanmeldung Nr. 21 81 536A ist eine optische Fühleranordnung zum Erfassen und/oder Messen der Anwesenheit und/oder der Konzentration von Gas innerhalb einer besonderen zu überwachenden Zone beschrieben, wobei bei dieser Anordnung eine Durchstimmung durch eine vorbestimmte, relativ schmale Bandbreite bei breitbandigem (beispielsweise weißem) Licht erfolgt, das aus der zu überwachenden Zone kommt oder innerhalb dieser Zone vorhanden ist, damit die Dämpfung einer besonderen Wellenlänge oder eines Wellenlängenspektrums entsprechend einer Absorptionslinie oder eines Absorptionslinienspektrums des aufgespürten Gases bestimmt wird. Die Wellenlängenverstimmung wird durch die Verwendung einer Fabry-Perot-Durchstimmvorrichtung erzielt, der Detektormittel zugeordnet sind. Die Fabry-Perot-Durchstimmvorrichtung wirkt als sogenanntes Kammfilter, das als Reaktion auf das Anlegen eines Sägezahnsignals an eine Wandervorrichtung der Fabry-Perot-Durchstimmvorrichtung die periodischen (d.h. in regelmäßigen Abständen liegenden) Absorptionswellenlängenlinien des zu überwachenden Gases durchstimmt. Dieser Prozeß ermöglicht die wirksamste Ausnutzung der das breitbandige Signal (beispielsweise das weiße Licht) liefernden Quelle, bei der es sich um eine Wolframdrahtlampe oder eine Leuchtdiode handeln kann. Diese verbesserte Wirksamkeit, die sich aus der gleichzeitigen Durchstimmung durch ein Spektrum aus Absorptionslinien des zu überwachenden Gases ergibt, wird durch die Tatsache vervollständigt, daß das Gas-Absorptionslinienspektrum wirksamer erkennbar ist oder von den Linienspektren anderer Gase unterschieden werden kann, da die Absorptionslinien eines Gases zwar im gleichen Spektralbereich wie die Absorptionslinien des anderen Gases liegen können, die Abstände zwischen den Absorptionslinien der jeweiligen Spektren jedoch verschieden sein können. Somit wird durch das Durchstimmen des Linienspektrums eine größere Selektivität erzielt.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß anstelle des Vorsehens einer Kammfilter-Durchstimmmanordnung zur Erzielung einer gleichzeitigen Durchstimmung der Absorptionslinien des Gasspektrums auf der Ausgangsseite der im Hinblick auf die Erfassung und/oder Messung der Konzentration eines darin befindlichen Gases überwachten Zone die Lichtquelle so ausgelegt und/oder angeordnet sein kann, daß sie ein mehrere Linien aufweisendes Lichtausgangssignal liefert, das dem aus mehreren Linien bestehenden Spektrum als Absorptionslinien oder Wellenlängen des zu überwachenden Gases bezüglich der Abstände zwischen den Linien und dem besonderen Spektralband, in dem sie liegen, entspricht oder eng angenähert ist.

Nach der Erfindung ist eine zur Verwendung als Gasfänger geeignete optische Abtastanordnung, gekennzeichnet durch eine durchstimmmbare Lichtquelle, die ein Spektrum aus in regelmäßigen Abständen liegenden Wellenlängen oder Linien erzeugt, das bezüglich der Abstände dem Absorptionslinienspektrum eines zu überwachenden Gases entspricht, wobei sich das meh-

tet, und Mittel zum Bestimmen des aus der Zone kommenden Gases zum Erfassen der Dämpfung der Komponenten des mehrere Linien aufweisenden Ausgangssignals der Lichtquelle, die auf die Absorption durch das zu überwachende Gas zurückzuführen ist.

Eine Ausführungsform der Erfindung besteht darin, daß die Lichtquelle ein Fabry-Perot-Halbleiterlaser oder eine äquivalente Vorrichtung zum Erzeugen eines veränderlichen, mehrere Linien aufweisenden Ausgangssignals ist, das einen Linienabstand aufweist, der dem Abstand der Absorptionslinien im Absorptionslinienspektrum des zu überwachenden Gases entspricht. Dabei kann vorgesehen sein, daß die Ausgangslinien des mehrere Linien enthaltenden Laser-Ausgangssignals gleichzeitig durch Verändern des Laser-Vorstroms oder der Laser-Temperatur durchgestimmt werden, oder es kann auch vorgesehen sein, daß die Ausgangslinien des mehrere Linien aufweisenden Laser-Ausgangssignals durch Ausüben von mechanischem Druck auf den Laser zum Verändern der effektiven optischen Länge des das Laser-Signal abgebenden Resonators gleichzeitig durchgestimmt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann die Lichtquelle aus einer Weißlichtquelle oder einer breitbandigen Lichtquelle wie einer Leuchtdiode oder einer anderen Lumineszenz-Halbleitervorrichtung bestehen. Die Lichtquelle enthält auch ein frequenzverstimmendes Kammfilter, das vom Typ des Fabry-Perot-Kammfilters sein kann oder aus einem geführten Mach-Zehnder-Interferometer bestehen kann. Das Material des Lasers der ersten Ausführungsform der Erfindung kann so gewählt sein, daß sich die richtige Mittenfrequenz beim gewünschten Vorstromwert des Lasers bei Normalbetrieb ergibt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer Abtastanordnung nach der Erfindung.

Fig. 2 eine Darstellung zur Veranschaulichung des mehrere Linien aufweisenden Ausgangssignals der Lichtquelle der Anordnung von Fig. 1.

Fig. 3 das Absorptionslinienspektrum eines Gases, das mittels der Anordnung von Fig. 1 überwacht werden kann,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform einer Abtastanordnung nach der Erfindung mit einem Mach-Zehnder-Interferometer in einer Ausführung mit einer integrierten Optikstruktur (als Alternative könnte auch ein nur unter Verwendung von Lichtleitfasern aufgebautes Mach-Zehnder-Interferometer verwendet werden, falls ein geeignetes Längenveränderungsmittel in einem Zweig eingefügt ist, wobei dieses Längenveränderungsmittel ein piezoelektrisches Dehnungsglied sein könnte), und

Fig. 5 die Ausgangskennlinien der Lichtquelle und des Mach-Zehnder-Interferometers von Fig. 4.

Gemäß Fig. 1 der Zeichnung enthält die schematisch dargestellte Gasfühleranordnung eine mit einem Fabry-Perot-Resonator ausgestattete, in mehreren Betriebsarten arbeitsfähige Halbleiter-Laserlichtquelle 1, die ein Intensitätslinienspektrum erzeugt, wie es allgemein in Fig. 2 dargestellt ist; das Material der Lichtquelle ist so gewählt, daß bei einem von der Vorstromeingabeeinheit 2 gelieferten Eingangs-Vorstrom mit gewünschtem Peil eine Mittenfrequenz f_0 geliefert wird.

Das Spektrum aller Linien des mehrere Linien aufweisenden Laser-Ausgangssignals kann gleichzeitig durchgestimmt werden, wie die den Linien 3 bis 7 in Fig. 2 zugeordneten zweiseitigen Pfeile veranschaulichen, wobei diese Änderung zweckmäßigerweise durch Ändern des Laservorstroms durchgeführt wird. Das Durchstimmen der Linien könnte auch durch Verändern der Temperatur des Lasers oder durch Anlegen einer variablen mechanischen Drucks zum Verändern der effektiven optischen Länge des Laserresonators des Fabry-Perot-Lasers bewirkt werden.

Das durchgestimmte, mehrere Linien aufweisende Ausgangssignal aus dem Laser kann in eine Lichtleiter 8 (oder in den freien Raum oder einen optisch kollinierten Weg) eingegeben werden, damit es zu einer Gaszelle 9 übertragen wird, die sich in einer Zone befindet, in der die Anwesenheit und/oder die Konzentration eines Gases (beispielsweise Methan) oder einer Gasmitlung festgestellt und/oder gemessen werden soll.

Das aufzuspürende Gas hat ein Absorptionslinienspektrum, das bewirkt, daß Licht mit Wellenlängen entsprechend diesen Absorptionslinien gedämpft wird, wenn sich das Licht durch die Gaszelle 9 ausbreitet.

Das aufzuspürende Gas hat ein Absorptionslinienspektrum, das zur Folge hat, daß Licht bei den Wellenlängen, die den Absorptionslinien entsprechen, gedämpft wird, wenn sich das Licht durch die Gaszelle 9 ausbreitet.

Zum Aufspüren eines Gases in der Gaszelle 9 wird das Material des Lasers 1 so gewählt, daß der regelmäßige Abstand zwischen den Intensitätslinien des mehreren Linien aufweisenden Ausgangssignals dem regelmäßigen Abstand zwischen den Absorptionslinien des Absorptionslinienspektrums des betroffenen Gases entspricht. Dieser regelmäßige Abstand gilt speziell für ein bestimmtes Gas und ist für dieses Gas charakteristisch. Außerdem liegen die Wellenlängen der Absorptionslinien des Gases innerhalb des Wellenlängenbandes des mehreren Linien aufweisenden Ausgangssignals des Lasers. Das Absorptionslinienspektrum kann typischerweise die in Fig. 3 dargestellte Form haben, wobei die Absorptionslinien 10 bis 13 dargestellt sind. Wie zu erkennen ist, wird die Wellenlänge des Lichts entsprechend den Absorptionslinien (Fig. 3) entsprechend der Anwesenheit und/oder der Konzentration des Gases innerhalb der Zelle gedämpft, wenn sich das durchgestimmte, mehrere Linien aufweisende Ausgangssignal durch die Gaszelle 9 ausbreitet; die Dämpfung wird dann mit Hilfe eines Detektormittels 15 erfaßt, nachdem das aus der Gaszelle austretende Licht mit Hilfe einer Lichtleiterfaser 16 (oder durch den freien Raum oder auch über optisch kollimierte Wege) dorthin übertragen worden ist.

In Fig. 4 ist eine optische Anordnung mit Wellenlängendurchstimmung dargestellt, bei der eine breitbandige Lichtquelle ein Wellenlängendurchstimm-Kammfilter enthält. Die Lichtquelle kann eine Leuchtdiode 17 oder eine andere Lumineszenz-Halbleitervorrichtung sein. Als Alternative könnte auch eine weiße Licht abgebende Quelle verwendet werden.

Das Kammfilter der Lichtquelle könnte aus einer Fabry-Perot-Durchstimm-Anordnung ähnlich der Art bestehen, wie sie am detektorseitigen Ende der zuvor erwähnten britischen Patentanmeldung eingesetzt wird. Zur Erleichterung der Massenproduktion von Gasführlervorrichtungen nach der Erfindung kann jedoch vorteilhaftweise ein Filter 18 von der Art eines geführten Mach-Zehnder-Interferometers mit integrierter Optik

angewendet werden wie dies in Fig. 4 dargestellt ist. Dieses Interferometer enthält zwei Monomoden-Zweige 19 und 20, auf die ein geführtes Monomoden-Lichtsignal in einem Eingangslichtweg 21 aufgeteilt wird. Das geführte Eingangssignal des Interferometers, das aus der Leuchtdiode 17 abgeleitet ist, ist in Fig. 5 dargestellt, wobei die Leuchtdiode ein allgemein sinusförmiges Spektrum 22 hat. Die zwei Zweige 19 und 20 des Interferometers werden zu einem Monomoden-Ausgangswellenleiter-Lichtweg 23 zusammengefaßt. Die Längendifferenz der Lichtwege 19 und 20 ist so bemessen, daß der Abstand zwischen der zyklischen Intensitätsübertragungsschwingung des Interferometers, die allgemein sinusförmig ist, wie in Fig. 5 bei 24 dargestellt ist, den regelmäßigen Abständen zwischen den Absorptionslinien des Absorptionspektrums entspricht, das für das aufzuspürende Gas in der Gaszelle 9 gilt (siehe das Gas-Absorptionslinienspektrum von Fig. 3). Gleichzeitig hat die Leuchtdiode 17 eine Wellenlänge, die innerhalb des breiteren Absorptionslinienspektrums des aufzuspürenden Gases liegt.

Das Mach-Zehnder-Interferometer ist mit zwei Elektroden 25 und 26 versehen, die auf gegenüberliegenden Seiten des Zweigs 19 angeordnet sind; durch Anlegen veränderlicher elektrischer Signale an die Elektroden 25 und 26 kann die Länge des optischen Zweigs 19 geringfügig verändert werden, damit das Ausgangssignal der Leuchtdiode moduliert wird, was zu einer Frequenz- oder Wellenlängendurchstimmung der in Fig. 5 dargestellten zyklischen Aussendung führt. Das in eine Ausgangsfaser 27 eingespeiste Licht besteht dadurch aus dem gewünschten frequenzdurchstimmten, mehrere Linien aufweisenden Ausgangssignal, wobei die Frequenzabstände zwischen den ausgesendeten Intensitäts spitzen oder Linien gleich oder nahezu gleich den Abständen zwischen den Absorptionslinien des Gas-Absorptionslinienspektrums (siehe Fig. 3) sind.

Wie im Falle der Ausführungsform von Fig. 1 bereitet sich das durchgestimmte, mehrere Linien aufweisende Ausgangssignal der Lichtquelle durch die Gaszelle 9 aus, in der die Konzentration des Gases vorhanden ist, die die Dämpfung der Lichtintensitätslinien bewirkt, die den Absorptionslinien des Gas-Absorptionslinienspektrums entsprechen. Diese Dämpfung wird durch das Detektormittel zum Zwecke der Erfassung und Messung der Gaskonzentration in der Gaszelle 9 festgestellt. Das Mach-Zehnder-Interferometer kann aus einem Lithiumniobatsubstrat-Intensitätsmodulator mit geeigneter gewählter Ungleichheit zwischen den Wegen bestehen. Es kann jedoch ein besonderer Vorteil sein, den Modulator in einem Halbleitermaterial herzustellen, so daß die Leuchtdiode 17 in der gleichen monolithischen Struktur wie der Modulator enthalten sein könnte, wodurch bei der Massenproduktion der Fühleranordnungen Kosteneinsparungen erzielt werden können.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann das Filter durch eine Modulationsanordnung mit integriertem Oberflächenwellenleiter gebildet werden, die an die Stelle des Mach-Zehnder-Interferometers gesetzt wird, wobei ein $\Delta\beta$ -Modulator in bekannter Ausführung verwendet wird, der wieder als Kammfilter zum Durchstimmen des mehrere Linien aufweisenden Ausgangssignals der Lichtquelle wirkt.

Patentansprüche

1. Zur Verwendung als Gasfühler geeignete optische Abstastanordnung, gekennzeichnet durch eine

gen oder Linien erzeugt, das bezüglich der Abstände dem Absorptionslinienspektrum eines zu überwachenden Gases entspricht, wobei sich das mehrere Linien aufweisende Ausgangssignal der Lichtquelle durch eine in bezug auf Gas abzutastende Zone ausbreitet, und Mittel zum Bestimmen des aus der Zone kommenden Lichts zum Erfassen der Dämpfung der Komponenten des mehrere Linien aufweisenden Ausgangssignals der Lichtquelle, die auf die Absorption durch das zu überwachende Gas zurückzuführen ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle ein Fabry-Perot-Halbleiterlaser oder eine äquivalente Vorrichtung zum Erzeugen eines veränderlichen, mehrere Linien aufweisenden Ausgangssignals ist, das einen Linienabstand aufweist, der dem Abstand der Absorptionslinien im Absorptionslinienspektrum des zu überwachenden Gases entspricht. 15

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangslinien des mehrere Linien enthaltenden Laser-Ausgangssignals gleichzeitig durch Verändern des Laser-Vorstroms oder 20 der Laser-Temperatur durchgestimmt werden.

4. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangslinien des mehrere Linien aufweisenden Laser-Ausgangssignals durch Ausüben von mechanischem Druck auf den Laser 30 zum Verändern der effektiven optischen Länge des das Laser-Signal abgebenden Resonators gleichzeitig durchgestimmt werden.

5. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle aus einer Weißlicht 35 oder Breitbandlicht abgebenden Quelle und einem frequenzverstimmenden Kammfilter besteht.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Kammfilter mit Filter vom Fabry-Perot-Typ ist. 40

7. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Filter aus einem geführten Mach-Zehnder-Interferometer besteht.

8. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Kammfilter von einer integrierten 45 Oberflächenwellenleiter-Modulationsanordnung gebildet ist.

50

55

60

65

3903296
5528088

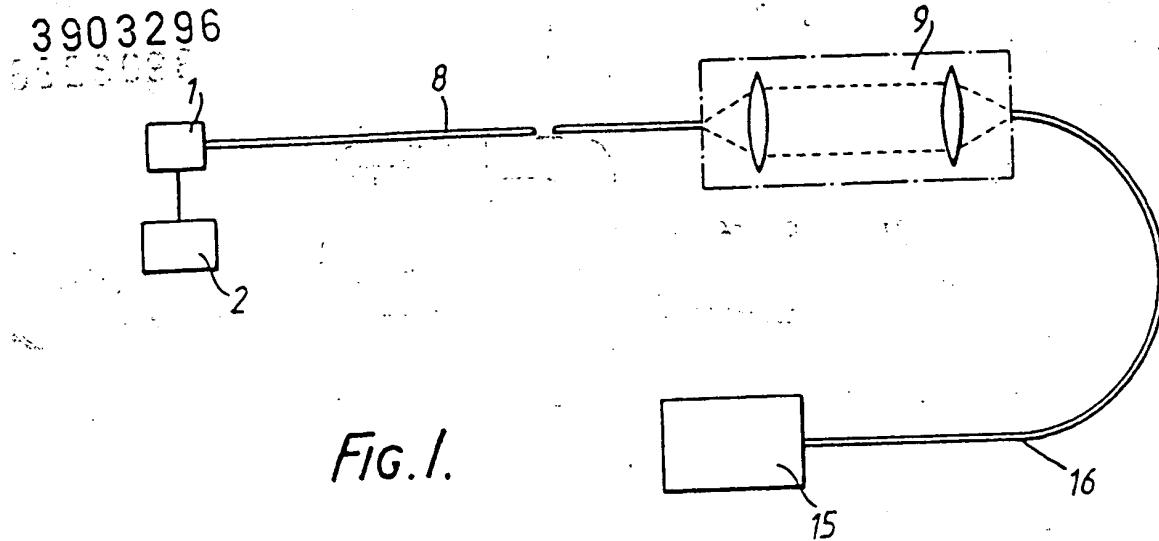


FIG. 1.

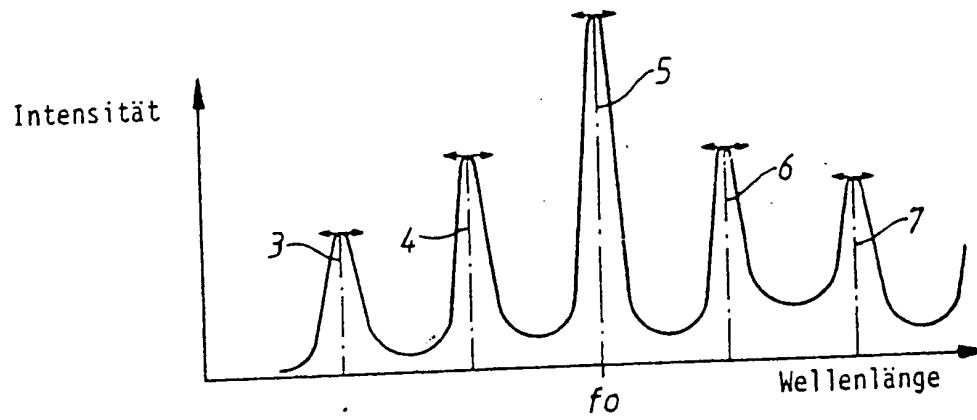


FIG. 2.

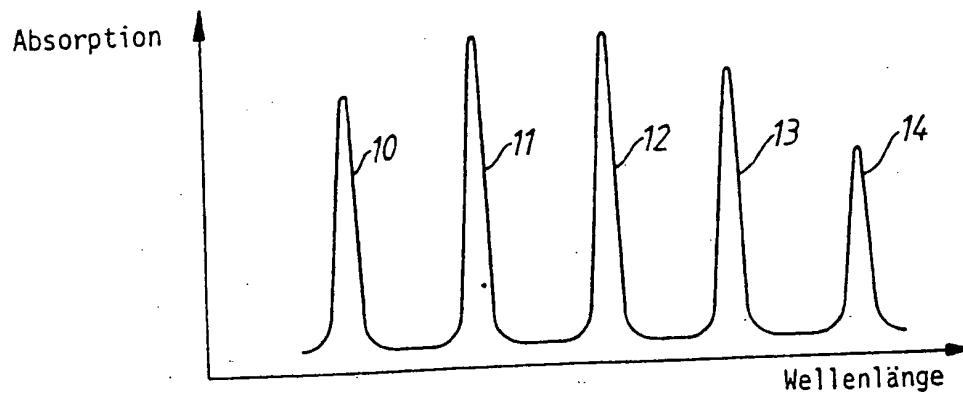


FIG. 3.

3903296

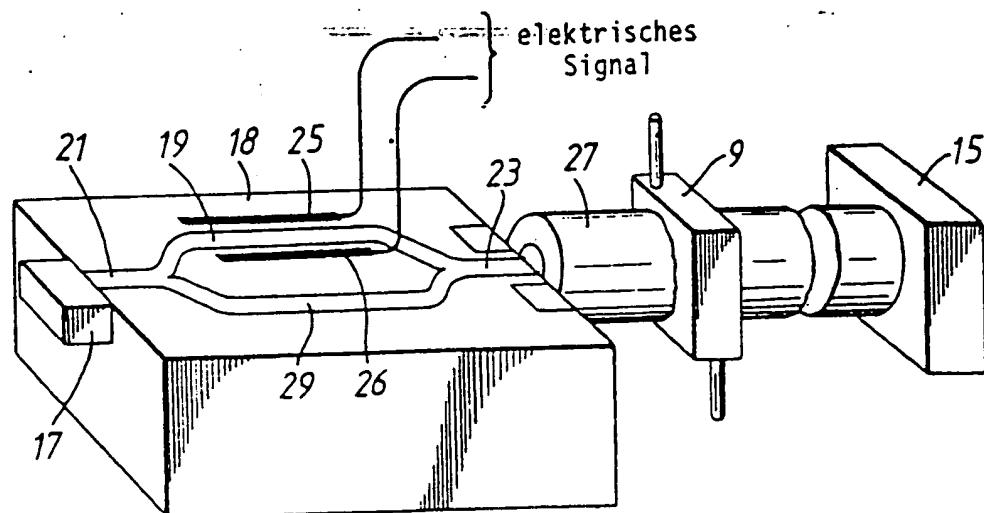


FIG.4.

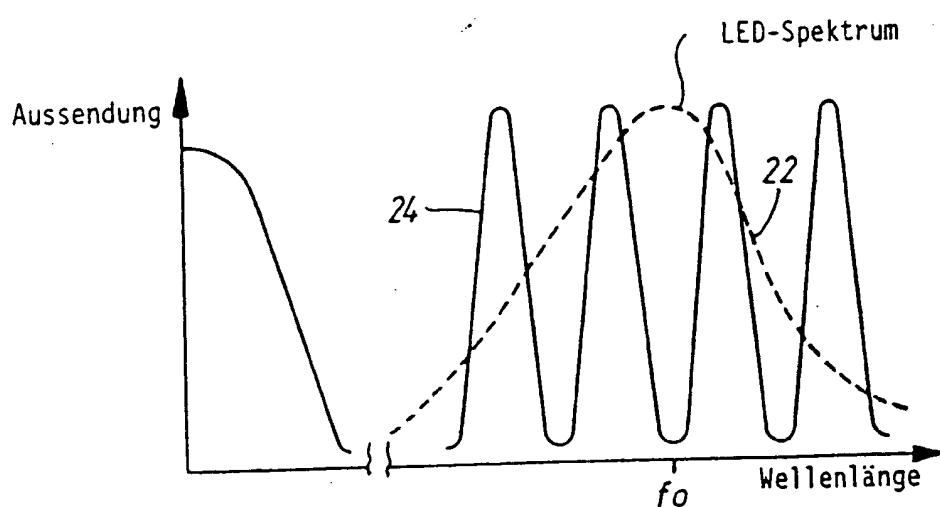


FIG.5.

Docket # MUM 11618

Appl. #

Applicant: Udo Hartmann

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101

P 39 03 296.5